

九州工業大学 学生会員 ○高橋里世 宇戸田八紀
九州工業大学 正会員 永瀬英生 廣岡明彦 三井清志

1. はじめに

福岡県内の最終処分場では、残余容量が残りわずかであることから、埋立て完了後、搬入される産業廃棄物を用いて、高さ 30m の嵩上げ盛土を造成することにより、延命化を計画している。この計画を検討するに当たり、高含水比であり、軟弱である汚泥の取り扱いが問題となっている。そこで、本研究では、改良方法の一つである造粒化に着目し、汚泥に適した造粒方法を把握することを目的として、造粒汚泥に影響を与えると考えられる要因（高分子剤の添加量、汚泥の性質など）についてコーン試験により検討を行った。

2. 実験概要

2.1 実験に用いた試料および実験方法

造粒する試料として最終処分場に搬入された汚泥 A、B を用いた。表 1 に各試料の物理的性質を示す。これらの汚泥に対して、水溶性アクリル樹脂（以下、高分子剤とする。）と改良材を添加し練混ぜることにより造粒を実施した。図 1 に造粒する前の汚泥と高分子剤 0.30% と生石灰 3.0% を添加して造粒した汚泥の粒径加積曲線を示す。図 1 より、造粒汚泥は細粒分が少なく、礫分が大半を占めていることから、汚泥は造粒することで粒径が大きく改質されたことが確認できる。なお、本研究では、造粒した汚泥を締固め試験方法 A-b 法で突き固めて供試体を作成し、コーン試験を実施することで、コーン指数による比較検討を行った。

2.2 造粒した汚泥の破碎による性質変化

物理試験に使用した試料を用いて突固め試験（25 回/層）を実施し、その後ふるい分け試験を行った。突固め試験の前後での各粒径区分における残留率および粒度試験結果を図 2、表 2 に示す。図 2 より、試験前後で礫分が減少し、砂分が増加していることが見受けられる。また、表 2 から汚泥 B は破碎により、 $U_c \geq 10$ かつ $1 \leq U_c' \leq 3$ の範囲を満たしており、乾燥密度において汚泥 A よりも大きいことから、破碎が生じることで粒径幅の広い土となり、汚泥 A よりも締固め効果が得られやすいと考えられる。

2.3 実験ケース

造粒時における高分子剤の添加量の影響について検討を行うため、表 3 に示すように汚泥 A および汚泥 B に対して高分子剤を各% と生石灰 3.0% を添加して造粒を行った後、20℃の室内で気中養生を実施した。

表 1 物理的性質

試料名	含水比 w (%)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)	塑性指数 I_P	コーン指数 q_c (kN/m ²)
汚泥A	160.0	209.0	109.1	99.9	184
汚泥B	147.5	114.2	54.1	60.1	86

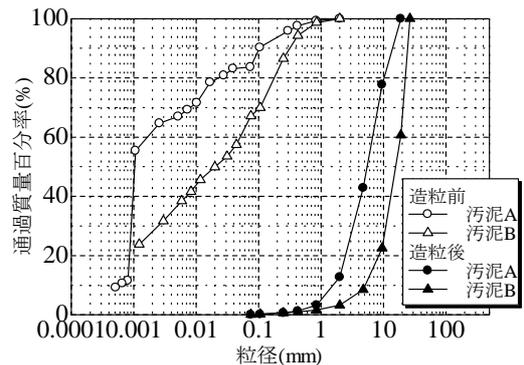


図 1 粒径加積曲線

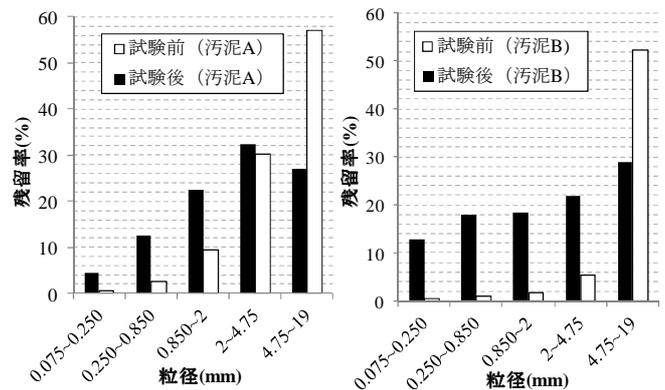


図 2 各粒径区分における残留率

表 2 粒度試験結果

	平均粒径 D_{50} (mm)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)
試験前(汚泥A)	5.5	3.78	1.00	-
試験後(汚泥A)	2.6	7.39	1.25	0.731
試験前(汚泥B)	18.2	4.05	1.79	-
試験後(汚泥B)	2.1	15.50	1.03	0.982

表 3 実験ケース

高分子剤 添加量 (%)	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00	養生日数 (日)
汚泥A	○	○	○	○	○	0, 1, 2, 3, 7, 14
汚泥B	-	○	○	-	-	

3. 実験結果および考察

3.1 汚泥 A における高分子剤量の影響

汚泥 A の各高分子剤量における材齢経過に伴うコーン指数および含水比の変化、コーン指数と含水比の関係をそれぞれ図 3, 4, 5 に示す。図 3 より、材齢経過に伴いコーン指数は増加し続けており、ダンプトラックのトラフィカビリティーを確保するための $q_c=1200\text{kN/m}^2$ 程度の強度（以下、目標強度とする。）をすべてのケースで材齢 3 日以内に確保できている。また、材齢 14 日目では、コーン指数が高分子剤 1.00% 添加したケースにおいて他のケースと比較して最も小さく、0.10% を添加したケースが最も大きくなっている。図 4 では、材齢経過に伴い含水比は減少しており、図 5 では高分子剤量に関係なく含水比の低下に伴いコーン指数が増加していることから、含水比の低下はコーン指数の増加に影響を与える一因であると考えられる。しかし、材齢 14 日目の添加量 1.00% のケースの含水比は他のケースに比べて最も高いわけではない。ここで、材齢 14 日目の各ケースにおける乾燥密度 ρ_d に着目すると、1.00% 添加したケースにおいて $\rho_d=0.630(\text{g/cm}^3)$ に対し、その他のケースでは $\rho_d=0.752\sim 787(\text{g/cm}^3)$ であった。このことから、高分子剤の添加量が多い場合、締固め効果が得られにくくなるため、他のケースと比べて強度が減少した可能性があると考えられる。

3.2 汚泥 A および汚泥 B における高分子剤量の影響の比較検討

汚泥 A および汚泥 B の高分子剤添加量 0.10, 0.20% における材齢経過に伴うコーン指数の変化、コーン指数と含水比の関係をそれぞれ図 6, 7 に示す。表 1 に示した造粒する前の強度は、汚泥 A よりも汚泥 B の方が多少低かったが、図 6 より、汚泥 B では材齢 2 日目に汚泥 A とほぼ同程度の値を示しており、目標強度は汚泥 A 同様、3 日目までに得られている。さらに、材齢 3 日目以降は汚泥 B の 0.20% 添加したケースにおいて強度増加が著しいものとなっており、材齢 14 日目には各添加量において汚泥 A の約 2 倍もの値を示している。これは、汚泥 B の破碎により締固め効果がより発揮されたためと考えられる。図 7 より、汚泥 B も汚泥 A 同様に含水比の低下に伴いコーン指数は増加しているが、含水比の減少に対する強度増加は汚泥 A の方が緩やかであるのに対して、汚泥 B では急な増加を示している。このことから、造粒する汚泥が異なるとコーン指数と含水比の関係も異なる傾向を示すと考えられる。

4. まとめ

本研究により以下の知見が得られた。

- ① 各汚泥に対して、高分子剤量に関係なく強度発現が早期となることが確認できた。
- ② 汚泥 A に対しては、高分子剤の添加量が多い場合締固め効果が発揮されない可能性があると考えられる。
- ③ 造粒する汚泥の性質は、コーン指数と含水比の关系到影響すると考えられる。

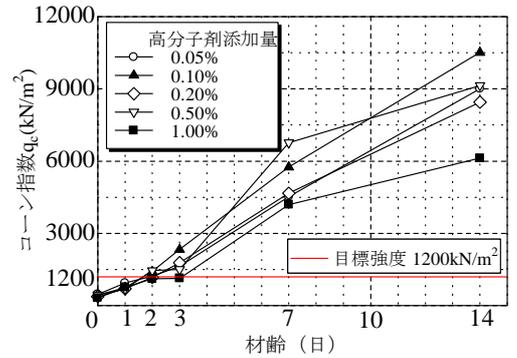


図 3 材齢経過に伴うコーン指数の変化

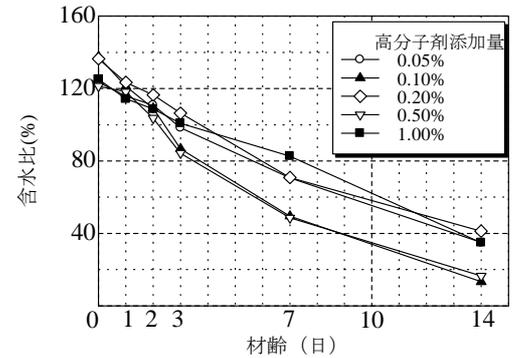


図 4 材齢経過に伴う含水比の変化

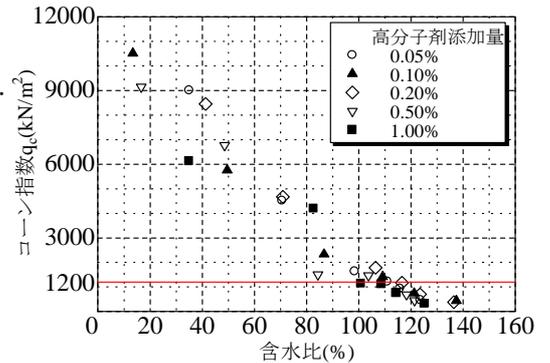


図 5 含水比とコーン指数の関係

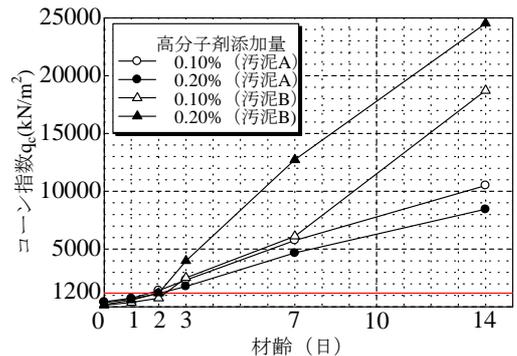


図 6 材齢経過に伴うコーン指数の変化

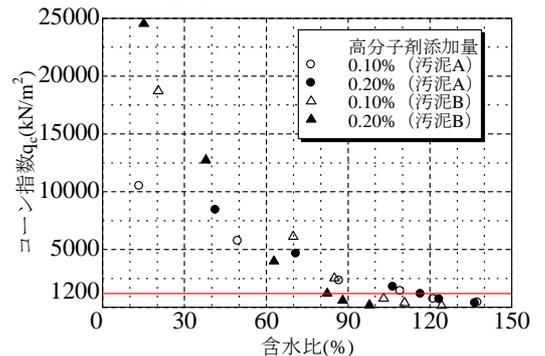


図 7 含水比とコーン指数の関係